



## 저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

김 용 성 석사 학위논문

경추 유합술을 시행한 환자에서 수술  
전후의 경추 전만도 및 운동범위의 변화

2019 년 4 월

서울대학교 대학원  
임상외과학과  
김 용 성

# 경추 유합술을 시행한 환자에서 수술 전후의 경추 전만도 및 운동범위의 변화

지도교수 이 재 협

이 논문을 김 용 성 석사 학위논문으로 제출함

2019 년 4 월

서울대학교 대학원

임상의과학과

김 용 성

김 용 성의 석사 학위논문을 인준함

2019년 7월

위 원 장 조 현 철 (인)

부 위 원 장 이 시 욱 (인)

위 원 이 재 협 (인)

# 논문 초록

국문초록

경추 유합술을 시행한 환자에서 수술 전후의 경추  
전만도 및 운동범위의 변화

서울대학교 대학원

임상의과학과

2015-22242 김 용 성

## 서론

경추의 움직임은 주로 단순방사선 촬영을 이용하여 측정하며, 경추 운동의 시각화는 투시술이 또는 cinematography등의 영상을 통해 가장 잘 구현되나, 운동의 메카니즘을 세분화하여 분석하기 위해서는 각각 다른 자세 및 위치의 경추에 대한 정적인 영상의 비교가 필요하다. 본 연구에서는 단순 방사선 사진을 이용하여 경추 유합술을 시행받은 환자들의 수술 전 후의 각 분절, 그리고 유합분절의 전만각 및 운동범위 변화를 확인하고 Japanese Orthopaedic Association score (JOA), NDI (Neck Disability Index), 그리고 Short Form 36 (SF-36)으로 평가한 임상적 결과의 변화를 분석하였다.

## 본론

경추 전체 분절의 전만각은 수술 전에 비해 수술 후 감소하였다가 점차 증가하는 소견을 보였으나 통계적으로는 유의하지 않았다. 전체 코호트를 전방 유합술 군과 후외방 유합술 군으로 나누어 평가하였을 때, 전방 유합술 군의 전만각은 수술 후 1년 쯤 다소 상승하였으나 통계적으로 유의하지 않았고, 후외방 유합술 군의 전만각은 수술 후 1년 쯤 감소하였으며, 통계적으로 유의했다. 전체 코호트의 유합분절 전만각은 수술 전에 비하여 수술 후 1년 쯤 감소한 소견이었으며, 통계적으로 유의하지 않았다. 전체 코호트에서 굴곡, 신전시의 전만각의 차이를 이용한 경추 전체 분절의 운동범위는 수술 전에 비해 수술 후 1년 쯤 감소한 상태를 유지하였다.

전방 유합술 군에서는 수술 후 1년째 유의하게 운동범위가 감소하였고, 후외방 유합술 군에서도 동일한 결과가 관찰되었다. 수술 후 1년째 전방 유합술 군에서의 유합분절 인접분절의 운동범위의 변화는 통계적으로 유의하지 않았다. 전체 코호트에서 JOA는 수술 전에 비하여 수술 후 점차 증가하는 경향을 보였으며, NDI 그리고 SF-36은 점차 감소하였다.

## 결론

경추 유합술을 시행받은 272명의 환자군에서 전체 경추의 전만각은 수술 후 1년째 유의한 변화를 보이지 않았다. 후외방 유합술 군에서는 유의한 전만각의 감소를 보였다. 전체 경추의 운동범위는 수술 후 1년째 유의하게 감소하였다. 전방 유합술 군과 후외방 유합술 군 모두 운동범위의 감소를 확인하였다. 전방 유합술 군 두 분절 유합군에서 유합분절의 인접분절 중 상위 인접분절의 운동범위는 수술 후 1년째 유의한 변화가 없었다.

.....

**주요어 : 경추, 유합, 전만도, 인접분절, 운동범위**

**학 번 : 2015-22242**

## 차 례

I. 서론.....	8
II. 연구대상 및 방법.....	9
1. 연구대상	
2. 촬영방법	
3. 측정방법	
4. 통계분석	
III. 결과.....	10
1. 환자 demographics	
2. 유합술 전후 경추 전만각의 변화	
3. 유합술 전후 경추 전체 및 각 분절 운동범위의 변화	
4. 유합술 후 유합분절의 인접분절 운동범위의 변화	
5. 유합술 후 임상적 결과	
IV. 고찰.....	15
1. 전만각의 변화	
2. 경추 분절 운동범위의 변화	
3. 유합분절 인접분절의 운동범위 변화	
V. 결론.....	19
참고문헌.....	20

## 그림 차례

Figure 1. Radiographic measurements.....	22
--	----

## 표 차례

Table 1. Patient demographics and clinicopathologic characteristics·····	23
Table 2. A) Total lordosis and B) fusion level lordosis according to the fusion procedure·····	25
Table 3. Change of A) Total lordosis and B) Fusion level lordosis preoperative and 12-month postoperative·····	25
Table 4. Total lordosis and fusion level lordosis of A) ACDF and B) PLF according to the fusion·····	26
Table 5. Change of A) Total lordosis and B) Fusion level lordosis preoperative and 12-month postoperative in ACDF ·····	27
Table 6. Change of A) Total lordosis and B) Fusion level lordosis preoperative and 12-month postoperative in PLF·····	27
Table 7. Range of motion of total segment(C2-C7) according to the fusion procedure·····	28
Table 8. Range of motion of total segment(C2-C7) according to the fusion procedure in A) ACDF and B) PLF·····	28
Table 9. Change of ROM and flexion/extension lordosis in adjacent segments preoperative and 12-month postoperative·····	29
Table 10. Change of Total range of motion (C2-C7) preoperative and 12-month postoperative in ACDF·····	29
Table 11. Change of Total range of motion (C2-C7) preoperative and 12-month postoperative in PLF·····	29
Table 12. Change of total lordosis in A) flexion and B) extension preoperative and 12-month postoperative·····	30
Table 13. Change of total lordosis in A) flexion and B) extension preoperative and 12-month postoperative in ACDF·····	30
Table 14. Change of total lordosis in A) flexion and B) extension preoperative and 12-month postoperative in PLF·····	31
Table 15. Analysis of adjacent segment range of motion preoperative and 12-month postoperative in ACDF·····	31
Table 16. Analysis of adjacent segment range of motion preoperative and 12-month postoperative in PLF·····	32
Table 17. Change of clinical scores of each segment according to the fusion procedure·····	33



## 서론

경추의 전만각 및 운동범위의 변화는 환자의 임상적인 상태를 반영하는 하나의 지표이다. 경추의 전만각은 첫 번째 흉추로부터 대후두공까지의 경추 추체의 전방 만곡도로 정의된다.

전만각의 정도는 경추체와 추간판의 wedging모양과 대후두공의 위치에 따라서 결정이 된다. 경추체와 추간판의 전방높이가 후방에 비해 높다면 전만도는 증가하게 되고, 후방높이가 전방에 비해 높으면 전만도가 감소하게 된다. 이러한 전만도의 유지는 저작 기능, 호흡유지, 발성, 안구운동 등 다양한 기능과 관련되어 있으며, 보행시 충격을 흡수하는데에도 중요한 역할을 한다. 경추 전만각의 소실은 통증 및 다양한 신경증상과 질환의 원인이 된다.(1,2)

최근에는 자기공명영상(MRI), 컴퓨터 단층촬영(CT)의 도입으로 경추 상태 평가의 많은 발전이 이루어졌으나, 단순방사선 사진을 통한 경추의 전만각 및 운동범위를 평가하는 방법은 현재까지도 가장 기본적인 방법이라고 할 수 있으며, 널리 이용되고 있다. 경추 운동의 시각화는 투시술이 또는 cinematography등의 영상을 통해 가장 잘 구현되나, 운동의 메카니즘을 세분화하여 분석하기 위해서는 각각 다른 자세 및 위치의 경추에 대한 정적인 영상의 비교를 이용한다. 이와 같이 단순 방사선 영상을 이용한 동작분석 연구를 functional radiology라고 일컫는다. 경추의 신전과 굴곡 시 X-ray를 이용한 측정법은 Bakke et al.과 Buetti-Baumi et al., 그리고 Penning의 방법이 있다. 1960년대, 이 중 Bakke는 측정하고자 하는 분절의 굴곡 및 신전 시 측부 단순방사선 사진에서 척추체의 상부 말단 연골판과 하부 말단 연골판의 연장선을 그어 교차된 두 연장선의 각도의 차를 구함으로써 경추의 운동범위를 평가하였다.(5) Park et al.은 2004년 이 세 가지 방법을 이용하여 한국인의 경추 운동범위를 평가하여 발표한 바 있으며,(6) Yasutsugu et al은 1200명의 무증상 환자 단순 방사선 사진을 분석하여 30대에서 80대에 이르는 정상인의 경추의 운동범위 및 전만각을 제시한 바 있다.(7) 한편, 경추 수술 후 인접분절의 퇴행성 변화에 의해 임상증상이 발생하여 추가적인 수술적 치료를 요하는 경우가 있다. 이에 대한 생역학적인 연구에서는 facet load의 증가, 분절운동의 증가, 그리고 유합분절과 인접한 추간판내의 압력의 증가 등이 인접분절의 과운동을 초래하고, 이것이 퇴행성 변화를 악화시킨다는 보고가 있다.(8,9) 경추의 각 분절에서 기능적 운동범위를 방사선 사진을 이용하여 평가한 문헌은 있으나, 기존의 연구가 단일 분절이나 특정 분절 유합군 만을 대상으로 하였으나 다양한 분절 유합군 및 전방 유합술군과 후외방 유합술군을 포괄적으로 분석한 연구는 본 연구가 처음으로, 수술 전에 비하여 수술 후의 전만각 및 운동범위의 변화에 대한 분석을 시행하였다. 구체적으로는 단순 방사선 사진을 이용하여 경추 유합술을 시행받은 환자들의 수술 전 후의 각 분절, 그리고 유합분절의 전만각 및 운동범위 변화를 확인하고 유합분절 인접분절의 운동범위의 변화에 대해서 분석하고자 한다. 더불어 Japanese Orthopaedic Association score

(JOA), NDI (Neck Disability Index), 그리고 Short Form 36 (SF-36)으로 평가한 임상적 결과의 변화를 분석하여 추후 경추질환의 연구 및 치료에 있어 참고자료를 제공하고자 한다.

## 연구대상 및 방법

### 연구 대상

연구대상은 2004년부터 2017년 9월까지 서울대학교 보라매병원에서 경추 척수증, 경추 추간판 탈출증, 경추 골절 의 질환으로 진단되어 전방 경추 추간판 제거술 및 유합술 또는 경추 후외방 유합술을 시행 받은 환자들 중 추시기간이 1년 이상인 환자를 대상으로 하였다. 이들 중 골종양으로 인한 병적 골절환자, 전방경추 제거술을 시행한 환자, 단기간 내 유합을 연장하였거나 전방 및 후외방 유합술을 일정기간을 두고 동시에 시행 받은 환자들은 대상에서 제외하였다. 이 기준들을 적용하여 최종 272명의 환자를 후향적으로 분석하였다. 구체적으로는 유합술 전, 유합술 직후, 3개월 뒤, 6개월 뒤, 그리고 1년뒤의 경추 전체, 경추 유합분절, 그리고 각 단위분절의 전만도 및 운동범위의 변화를 평가하였다. 수술 후 1년째 CT를 통해 유합분절의 유합여부를 평가하였다. 각 시기에 JOA, NDI, SF-36을 평가하였다.

### 촬영 방법

단순 방사선 촬영방법 중, 경추 측면 방사선 사진을 이용하였고, 굴곡 및 신전 사진은 능동적으로 경부를 최대한 굴곡/신전하여 촬영한 사진으로 하였다. 수술 직후는 굴곡 및 신전을 평가할 수 없었으므로 이 사진들을 이용한 운동범위 평가는 수술 전, 수술 후 3개월, 6개월, 1년 뒤에 이루어졌다.

### 측정 방법

경추 전만각 및 각 분절의 운동범위를 구하기 위한 방법은 상위 경추체 상연과 하위 경추체 하연의 연장선의 Cobb's angle을 측정하였다. 전만각은 제 2경추체 상연과 제 7경추체 하연을 연결한 선이 이루는 각으로 하였고, 각 추체 간의 운동각 측정은 상부 경추체의 상연과 하부 경추체의 하연을 연결한 선이 이루는 각을 신전 및 굴곡 사진에서 측정하여 이들의 차이를 구하였다.(Figure 1.) 유합분절은 하나의 분절로 생각하고 계산하였다. 예를 들어 경추 3번과 4번의 유합시 경추 4번과 5번 분절의 전만각은 경추 3번의 상연과 경추 5번의 하연사이의 각도로 측정하였다. 임상결과와 관련하여서는 수술 전, 수술 직후, 3개월 후, 6개월 후, 1년 후 시행한 JOA, NDI, SF-36점수를 평가하였다.

### 통계 분석

모집단의 정규분포 여부 검정을 위하여 Kolmogorov-Smirnov test를 시행하여 각 모집단의 정규성을 평가하였고, 수술 후 6개월째 fusion level range of motion 집단을 제외한 모든 집단이 정규분포를 가짐을 확인하였다. 전체 코호트, 그리고 각 유합분절 군의 전만각과 각 분절의 운동범위, 굴절각, 신전각의 변화를 수술 전부터 수술 후 1년째 비교하기 위하여 모수검정으로는 paired T-test를, 그리고 표본수가 30이하로 정규성을 갖추지 못한 표본에 대해서 비모수검정을 위해서는 Wilcoxon signed rank test를 시행하였다. 각 유합분절군 사이의 전만각, 각 분절의 운동범위, 굴절각, 신전각의 유의한 변화여부를 평가하기 위해서 one way ANOVA를 이용하였다. post-hoc analysis는 tukey를 사용하였다. P값이 <0.05 인 경우 통계적으로 유의한 것으로 판단하였다. 모든 통계분석은 Statistical Package for the Social Sciences (SPSS version 24.0, IBM Corp., Armonk, NY, USA)을 이용하여 이루어졌다.

## 결 과

### 환자 demographics

총 272명의 환자군의 중간 연령은 59.5세 (범위 28-84)였다. (Table 1.) 남성이 187명 (68.8%), 여성이 (31.3%)였으며, 진단명으로는 척수병증이 142명 (52.2%), 추간공 협심증이 10명 (3.7%), 추간판 탈출증이 108명 (39.7%), 골절이 10명 (3.7%)였다. 유합술의 종류에서는 전방 추간판 제거술 및 유합술이 192명으로 70.6%였고, 후외방 유합술이 80명으로 29.4%였다. 유합분절별로는 단일 분절유합군이 33.5%, 두 분절 유합군이 42.3%로 가장 많았으며, 세 분절, 네 분절, 다섯 분절 유합이 각각 5.5%, 1.5%, 0.7%를 차지하였다. 각 분절 단위로 보았을 때, 단일 분절유합군에서는 34분절이 4.0%, 45분절이 5.9%, 56분절은 14.7%로 가장 많았고 C6/7분절, C7/T1 분절이 각각 5.9%, 1.5%였다. 두 분절 유합군에서는 C5-7이 17.3%로 가장 많았고, C2-4, C3-5분절이 각각 1.5%, 1.1%, 그리고 C4-6분절, C6/T1분절이 각각 15.1%, 0.4%였다. 세 분절 유합에서는 C4-7분절이 8.8%로 가장 많았고, C3-6분절이 7.0%로 뒤를 이었다. 네 분절 유합에서는 C3-7이 5.5%였고, 다섯 분절유합은 C3/T1이 1.5%를 차지하였다. 수술 후 1년째 CT를 이용한 유합분절의 유합상태를 평가하였고, 93.0%(107/115)에서 유합을 확인하였다.

### 유합술 전후 경추 전만각의 변화

#### 전체 분절 전만각의 변화

경추 전체 분절의 전만각은 수술 전에 비해 수술 후 감소하였다가 점차 증가하는 소견을 보였으나 통계적으로는 유의하지 않았다. 전체 코호트를 전방 유합술 군과 후외방 유합술 군으로 나누어 평가하였을 때, 전방 유합술 군의 전만각은 수술 후

1년 짜 다소 상승하였으나 통계적으로 유의하지 않았고, 후외방 유합술 군의 전만각은 수술 후 1년 짜 감소하였으며, 통계적으로 유의했다.

전체 코호트에서 경추 전체분절 전만각은 수술 전  $9.18 \pm 10.3^\circ$ , 수술 직후  $6.59 \pm 10.3^\circ$ 로 감소하였다가 3개월 후, 6개월 후에  $7.89 \pm 10.3^\circ$ ,  $8.74 \pm 10.4^\circ$ 로 회복되었고 1년 후에는  $8.21 \pm 10.3^\circ$ 로 측정되었다. (Table 2.) 수술 후 1년째의 전체분절 전만각을 수술 전 전만각과 paired T-test로 검정하였을 때,  $0.86^\circ$  감소하였고, 통계적으로 유의하지 않았다. ( $P=0.369$ , Table 3.). 각 유합 분절 별로는 단일 분절, 두 분절 유합에서는 수술 전의 전만각인  $9.25 \pm 10.3^\circ$ ,  $8.04 \pm 9.8^\circ$ 가 수술 직후 감소하였으나 이후 점차 증가하여 수술 후 1년째  $9.7 \pm 7.5^\circ$ ,  $8.89 \pm 10.5^\circ$ 로 수술 전 상태에 가깝게 회복되는 경향을 보였다. 그러나 세 분절, 네 분절 유합에서는 수술전 전만각이었던  $10.02 \pm 11.7^\circ$ ,  $13.63 \pm 9.9^\circ$ 가 수술 후 1년째에도 각각  $6.28 \pm 13.5^\circ$ ,  $1.24 \pm 8.5^\circ$ 로 수술 전의 수준으로는 회복되지 않았다. (Table 2.) 각 유합분절에 따라 군을 나누어 각각에 대해서도 paired T-test를 시행하였을 때에도 수술 후 1년째 경추 전체분절 전만각의 유의한 변화는 일어나지 않았으며, 단일 분절 유합군에서  $1.39^\circ$  증가, 두 분절 유합군에서  $0.17^\circ$  증가, 세 분절 유합군에서  $3.11^\circ$  감소하였다. ( $P=0.337$ ,  $P=0.896$ ,  $P=0.208$ , Table 3.)

전체 코호트를 전방 유합술을 시행한 군과 후외방 유합술을 시행한 군으로 분류하여 각 군에서 유합 분절 별로 전체 분절 전만각의 변화를 평가하였다. (Table 4.) 전방유합술 군에서 전체 코호트의 수술 전 경추 전체 분절 전만각은  $8.58 \pm 10.1^\circ$ 였으며, 수술 직후  $7.92 \pm 9.6^\circ$ 로 감소하였다가 수술 후 1년 짜  $10.9 \pm 9.0^\circ$ 로 상승하였다. 이러한 전만각의 변화는 paired T-test로 검정하였을 때 평균  $1.84^\circ$  증가한 소견으로, 통계적으로 유의하지 않았다. ( $P=0.059$ , Table 5.) 전방 유합술 군내에서 각 유합분절에 따라 분류하여 각 군의 전만각을 평가하고, 수술 후 1년째의 변화를 확인하였을 때, 단일 분절 유합군의 경우, 수술 전 전체 분절의 전만각이  $8.89 \pm 10.3^\circ$ 이었고, 수술 후  $9.94 \pm 7.9^\circ$ 로 다소 증가하고 이후 지속적으로 증가하여 수술 후 1년 짜  $10.84 \pm 9.6^\circ$ 였으나, 통계적으로는 유의하지 않았다. (Table 5.) 두 분절 유합군의 경우, 수술전 전체 분절 전만각이  $7.58 \pm 10.3^\circ$ 였고, 수술 후  $4.71 \pm 9.7^\circ$ 로 감소하였다가 점차 상승하여 수술 후 1년 짜  $10.84 \pm 9.6^\circ$ 로 수술 전에 비해  $1.84^\circ$  상승하였으나 통계적으로 유의하지 않았다. (Table 5.)

전방 유합술 군 중 각 유합 분절군 내에서 유합분절별로 전체 전만각의 변화의 차이가 있는지 평가하기 위하여 단일 유합 분절군 내에서 C45(n=15), C56(n=40), C67(n=15) 세 군간의 수술 전 및 수술 후 3개월, 6개월, 1년 짜 전체 분절 전만각을 one-way ANOVA로 검정하였으며, 사후검정에서 C56과 C67의 전체분절 전만각의 차이가 유의한 경향( $P=0.095$ )을 보였을 뿐, 각 군간의 전만각의 유의한 차이는 관찰되지 않았다. 두 분절 유합군내에서 C3-5(n=12), C4-6(n=31), C5-7(n=44) 세 군간의 수술 전 및 수술 후 전체 분절 전만각을 one-way ANOVA로 검정하였을 때, 각 군 내의 전체분절 전만각의 유의한 차이는 관찰되지 않았다.

후외방 유합술 군의 전체코호트에서 수술 전 전만각은  $10.78 \pm 10.6^\circ$ 이었고, 수술 직후  $2.25 \pm 11.1^\circ$ 로 감소하였으며, 수술 후 1년째에도  $0.32 \pm 10.0^\circ$ 로 감소한 상태를 유지하였다. (Table 4.) 전체 코호트의 이러한 전만각의 감소는 paired T-test로 검정하였을 때  $8.52^\circ$ 의 감소를 보였고, 통계적으로 유의하였다. ( $P < 0.001$ , Table 6.) 각 유합분절에 따라 군을 분류하여 평가하였을 때에도 수술 전에 비해 수술 후 전체분절의 수술 후 전만각은 감소하는 소견을 보였다. (Table 4.) 세 분절 유합군에서 수술 전 전체분절의 전만각은  $8.60 \pm 13.4^\circ$ 였으며, 수술 후  $0.11 \pm 10.2^\circ$ 로 감소하였다가 이후 감소된 채 유지되어 수술 후 1년째  $-2.76 \pm 10.0^\circ$ 로 후만된 소견을 보였다. (Table 4.) 그리고 이러한 전만각의 감소는 paired T-test로 검정하였을 때 유의하였다. ( $P = 0.021$ , Table 6.) 네 분절 유합군의 전체 분절 전만각은 수술 전  $13.3 \pm 9.9^\circ$ 였고, 수술 직후  $6.9 \pm 5.1^\circ$ 로 감소하였다가 수술 후 1년째  $1.24 \pm 8.5^\circ$ 로 감소한 상태를 유지하였다. (Table 4.) 전만각의 감소는 paired T-test로 검정하였을 때 통계적으로 유의하였다. (Table 6.) 후외방 유합술 군의 각 유합 분절 군 내에서 유합분절에 따른 전만각의 변화의 유의성을 평가하기 위하여 두 분절 유합군에서 C3-5( $n=9$ ), C4-6( $n=10$ ) 군의 수술 전, 수술 후 3개월, 6개월, 1년째 전만각을 Kruskal-Wallis test를 이용하여 검정하였다. 수술 전의 전만각은 C3-5와 C4-6군의 유의한 차이가 있었으나( $P=0.017$ ), 수술 후 3개월, 6개월, 1년째 전만각은 두 군 사이의 유의한 차이가 없었다. 세 분절 유합군에서 C3-6( $n=11$ ), C4-7( $n=16$ ) 군의 동일한 전만각의 변화를 검정하였을 때, 두 군간의 전체 경추 분절의 전만각의 차이는 어느시기에서도 유의하게 관찰되지 않았다.

#### 유합분절 전만각의 변화

전체 코호트의 유합분절 전만각은 수술 전에 비하여 수술 후 1년째 감소한 소견이었으며, 통계적으로 유의하지 않았다. 전방 유합술 군과 후외방 유합술 군으로 분류하여 분석하였을 때, 전방 유합술 군에서 수술 전에 비하여 수술 후 1년째 유합 분절의 전만각의 변화는 유의하지 않았으며, 군 내 유합분절 별로 분석하였을 때에도 결과는 동일하였다. 후외방 유합술 군에서는 수술 후 유합분절의 전만각의 감소가 있었으나 유의하지 않았다. 세분절 유합 군에서는 유의한 전만각의 감소가 관찰되었다.

전체 코호트에서 유합분절의 전만각은 수술 전  $1.68 \pm 8.8^\circ$ 에서 수술 직후  $1.25 \pm 8.0^\circ$ , 수술 후 1년째  $0.34 \pm 8.2^\circ$ 로 감소되어 유지되는 소견을 보였다. (Table 2) paired T-test로 검정하였을 때 전체코호트의 유합분절 전만각  $0.87^\circ$ 의 감소는 유의하지 않았다. ( $P = 0.301$ , Table 3.) 세 분절, 네 분절 유합군에서는 수술 전 전만각이 각각  $1.31 \pm 8.3^\circ$ ,  $4.04 \pm 10.7^\circ$ 였으며 수술 후 1년째에는 각각  $1.66 \pm 8.8^\circ$ ,  $-1.33 \pm 10.2^\circ$ 로 감소상태를 유지했다. (Table 2.) 이 변화를 paired T-test로 검정하였을 때, 세 분절 유합군에서  $3.91^\circ$ 의 유의한 감소가 있었다. (Table 3.  $P = 0.011$ )

전체 유합군을 전방 유합술 군과 후외방 유합술 군으로 분류하여 각각의 수술 후 1년째 경추 유합분절 전만각을 평가하였다. (Table 4.) 전방 유합술 군에서는 전체 코호트에서는 유합분절의 전만각이 수술 전  $0.74 \pm 7.8^\circ$ 에서 수술 직후  $1.97 \pm 7.5^\circ$ 로 다소 증가하였다가 수술 후 1년째  $0.94 \pm 7.2^\circ$ 로 수술 전과 유사한 전만각을 유지하였다. (Table 4.) paired T-test를 통해 이러한 유합 분절 전만각의 변화를 검정하였고, 통계적으로 유의하지 않았다. ( $P=0.677$ , Table 5.) 전방 유합술 군의 단일 분절, 두 분절, 세 분절 유합군에서도 유합분절의 전만각은 큰 변화를 보이지 않았고, 수술 후 1년째 전만각의 변화를 paired T-test를 통해 검정하였을 때, 각 군에서 유합분절의 전만각의 변화는  $1-2^\circ$ 이내의 범위로 통계적으로 유의하지 않았다. (Table 5.) 후외방 유합술 군에서 전체 코호트는 수술 전 유합분절 전만각이  $4.08 \pm 10.6^\circ$ 에서 수술 후  $-0.79 \pm 9.2^\circ$ 로 감소하고, 수술 후 1년째  $-1.30 \pm 0.6^\circ$ 로 감소된 상태를 유지하였다. (Table 4.) paired T-test로 검정하였을 때  $02.25^\circ$ 의 전만각 감소는 통계적으로 유의하지 않았다. ( $P=0.283$ , Table 6.) 후외방 유합술 군에서 각 유합 분절에 따라 군을 분류하여 유합 분절 전만각의 변화를 평가하였을 때, 두 분절 유합군 과 세 분절 유합군의 유합 분절 전만각은 수술 전 각각  $3.03 \pm 8.7^\circ$ ,  $3.43 \pm 12.4^\circ$ 에서 수술 후 1년째 각각  $1.44 \pm 14.1^\circ$ ,  $-4.86 \pm 8.4^\circ$ 로 변화하였고, paired T-test로 검정하였을 때 두 분절 유합군의  $0.61^\circ$ 의 전만각 증가는 유의하지 않았으나, ( $P=0.872$ ) 세 분절 유합군에서는  $4.79^\circ$ 의 유의한 전만각의 감소가 있었다. ( $P=0.044$ , Table 6.)

## 유합술 전후 경추 전체 및 각 분절 운동범위의 변화

### 전체 경추 분절

전체 코호트에서 굴곡, 신전시의 전만각의 차이를 이용한 경추 전체 분절의 운동범위는 수술 전  $40.07 \pm 16.7^\circ$ 에서 수술 후 3개월째  $23.71 \pm 13.1^\circ$ 로 감소하였고, 이후 수술 후 6개월째, 1년째  $27.03 \pm 13.1^\circ$ ,  $25.48 \pm 13.0^\circ$ 으로 감소한 상태를 유지하였다. (Table 7.) 수술 전 및 수술 후 1년째 경추 전체 분절의 운동범위 변화는  $15.26^\circ$  감소로, paired T-test로 검정하였을 때 유의하였다. ( $P < 0.001$ , Table 9.) 단일 분절, 두 분절, 세 분절, 그리고 네 분절 유합군 각각에서도 수술 전 경추 전체 분절 운동범위는 수술 후 1년째 감소하였고, 각 유합군 내에서의 감소의 정도는 paired T-test로 검정하였을 때 모두 통계적으로 유의하였다. (Table 9.)

전체 코호트를 전방 유합술 군 과 후외방 유합술 군으로 분류하여 운동범위를 분석하였다. (Table 8.) 전방 유합술 군에서는 전체 코호트의 전체 경추 분절 운동범위가 수술 전  $40.32 \pm 17.9^\circ$ 에서 수술 후 1년째  $29.32 \pm 12.0^\circ$ 로 감소하였고, 이러한 운동범위의 감소는 paired T-test로 검정하였을 때 유의하였다. ( $P < 0.001$ , Table 10.) 전방 유합술 군의 각 유합분절에 따라서 군을 분류하여 평가하였을 때, 경추 전체 분절의 운동범위는 단일 유합군, 두 분절 유합군, 세 분절 유합군 모두

각각 수술 전  $39.54 \pm 17.0^\circ$ ,  $42.38 \pm 15.6^\circ$ ,  $33.15 \pm 29.5^\circ$ 에서 수술 후 1년째  $32.89 \pm 12.1^\circ$ ,  $26.53 \pm 10.6^\circ$ ,  $18.30 \pm 10.5^\circ$ 로 감소하였고, 이 감소값은 paired T-test에서 모두 유의하였다. (Table 10.) 수술 후 1년째 경추 전체 분절의 운동범위 감소 폭은 유합분절의 증가에 따라서 단일 분절 유합군의  $6.97^\circ$ , 두 분절 유합군의  $14.72^\circ$ , 세 분절 유합군의  $24.92^\circ$ 로 커지는 것을 확인할 수 있었다.

전방 유합술 군 내에서 동일한 유합 분절 수를 가진 군 내의 전체 경추 운동범위의 차이를 분석하기 위하여, 단일 분절 군 내에서 C45(n=15), C56(n=40), C67(n=15) 세 군의 수술 전, 수술 후 3개월, 6개월, 1년째 전체 경추 분절 운동범위를 one way ANOVA로 분석하였고, tukey방법으로 사후 분석을 시행하였다. 세 군 간의 각 시기의 운동범위의 변화는 유의한 차이가 없었다. 두 분절 군 내에서 C3-5(n=12), C4-6(n=31), C5-7(n=44) 세 군의 수술 전, 수술 후 3개월, 6개월, 1년째 전체 경추 분절 운동범위를 one way ANOVA로 분석하였고, 세 군 사이의 각 시기의 운동범위는 유의한 차이가 없었다.

후외방 유합군의 경우, 전체 코호트에서 수술 전 전체 경추 분절 운동범위가  $39.39 \pm 13.0^\circ$ 에서 수술 후 3개월, 6개월, 1년째 각각  $14.88 \pm 10.6^\circ$ ,  $16.07 \pm 14.3^\circ$ ,  $16.47 \pm 10.8^\circ$ 로 감소하였다. (Table 8.) 수술 전과 수술 후 1년째 전체 경추 분절의 운동 범위의 감소는  $23.85^\circ$ 로 paired T-test에서 유의하였다. (Table 11.) 각 유합분절군 별로 분석하였을 때, 두 분절, 세 분절, 그리고 네 분절 유합군의 수술 전 전체 경추 분절 운동범위는 각각  $42.33 \pm 16.8^\circ$ ,  $40.35 \pm 8.8^\circ$ ,  $32.76 \pm 12.8^\circ$ 에서 수술 후 1년째 각각  $19.39 \pm 10.4^\circ$ ,  $17.15 \pm 10.9^\circ$ ,  $10.82 \pm 10.1^\circ$ 로 감소하였으며, 각 군의 감소 정도는 paired T-test로 검정하였을 때 모두 통계적으로 유의하였다. (Table 11.)

후외방 유합술 군 내에서 동일한 유합 분절 수를 가진 군 내의 전체 경추 분절 운동범위의 차이를 분석하기 위하여 두 분절 유합군 내에서 C3-5(n=9), C4-6(n=10) 군에서 수술 전, 수술 후 3개월, 6개월, 1년째 전체 경추 분절 운동범위를 Kruskal-Wallis test로 검정하였다. 이에 수술 후 3개월째 운동범위에서 두 군간의 차이의 경향이 있었으나( $P=0.084$ ) 어느 시기에서도 두 군의 전체 경추 분절 운동범위의 유의한 차이는 없었다. 세 분절 유합군에서 C3-6(n=11), C4-7(n=16) 군의 각 시기의 운동범위의 차이를 검정하였을 때, 수술 후 1년째 운동범위가 각각  $9.65 \pm 7.9^\circ$ ,  $25.74 \pm 5.5^\circ$ 로 유의한 차이가 있었다. ( $P=0.014$ )

## 유합술 후 유합분절의 인접분절 운동범위 변화

전체 코호트에서 유합분절에 따른 각 상위 및 하위 인접 분절에서의 운동범위의 변화를 분석하였다. 유합분절의 인접분절의 운동범위의 변화는 통계적으로 유의하지 않았다. 그리고 이를 전방 유합술 군과 후외방 유합술 군 내에서 다시 분석하였다. 전방유합술 군에서 두 분절 유합군 중 C4-6 유합군의 경우 상위 인접 분절인 C3와 하위 인접 분절인 C67의 운동범위가 수술 전 각각  $16.66 \pm 6.7^\circ$ ,

9.37±4.7°에서 수술 후 1년째 각각 21.83±4.8°, 7.10±4.7°로 변화하였고, 상위 인접분절인 C34의 운동범위 상승을 관찰하였으나 통계적으로 유의하지 않았다. (P=0.871, P=0.201, Table 15.) C5-7 유합군의 경우, 상위 인접분절인 C45에서 수술전 운동범위가 15.00±9.2°에서 수술 후 15.60±7.3°으로 큰 변화가 없었으며, 통계적으로도 유의하지 않았다. (P=0.929, Table 15.) 이외의 유합군에서도 인접분절의 유의한 운동범위의 변화는 관찰되지 않았다. 후외방 유합술 군에서는 세 분절 유합군 중 C3-6 유합군의 경우 하위 인접분절인 C67의 운동범위는 수술 전 7.83±9.5°에서 수술 후 1년 째 9.30±4.3°로 변화하였으나 통계적으로 유의하지 않았다. 다만, 이 분절의 수술 후 1년 째 신전각도는 8.33±3.9°에서 4.03±4.3°으로 유의하게 감소한 소견을 보였다.(P=0.004, Table 16.) C4-7 유합군의 경우 상위 인접분절의 수술 전 운동범위가 6.50±4.9°에서 수술 후 1년 째 0.57±2.3°으로 감소하였으나, 통계적으로 유의하지 않았다. (Table 16.)

## 유합술 후 임상적 결과

전체 코호트에서 JOA는 수술 전에 비하여 수술 후 점차 증가하는 경향을 보였으며, NDI 그리고 SF-36은 점차 감소하였다. (Table 17.)

## 고 찰

경추의 각 분절의 전만각 및 운동범위는 주로 굴곡과 신전시 단순 방사선 사진을 이용하여 분석되고, 이러한 정보는 환자의 경추의 상태에 대한 정보를 제공한다. 척추 전방 전위증이나 치상돌기 분리증과 같은 선천성 변이로 인한 인대구조의 손상의 경우 비정상적인 운동범위를 보이게 되고, 또한 경추 분절의 유합술을 시행한 경우, 이로 인한 운동범위의 평가를 가능케 한다.(11) 경추의 유합술은 필연적으로 유합분절의 전만각 및 운동범위의 변화를 초래하게 되고, 유합이 진행됨에 따라서 유합 분절은 하나의 척추체와 같이 기능하게 된다. 본 연구는 경추 유합술로 인한 경추 전체 전만각 및 운동범위 변화, 그리고 유합분절 인접분절의 운동범위 변화를 평가함으로써 수술 후 환자의 경추 운동범위, 기능과 관련된 정보를 제공하고자 하였다. 기존의 연구들이 유합술 후 전만각의 변화 및 인접분절의 퇴행성변화(Adjacent segment disease, ASD)와 관련하여 결과를 보고하였으나, 대부분이 전만각 및 운동범위의 변화를 단일 분절 유합군에 국한하여 시행하고 있었다. 본 연구는 다양한 유합분절의 유합술 시행 환자들을 대상으로 한 대규모 코호트 연구라고 할 수 있다.

## 전만각의 변화



Abelin-Genevois et al은 150명의 경추 단순 방사선 사진을 분석하여, 경추 전체 분절의 전만도는 대부분 상위 경추체(대후두공-C2)에 의해 결정되며, 하부 경추체(C3-C7)의 전만각의 기여도는 미미하다고 제시하였다.(12) Ella Been et al은 197명의 다양한 연령의 경추 단순 방사선 사진을 분석하여, 상위 경추분절의 전만각은 수평각도에서 안구 위치와 두상의 위치를 반영하는 지표가 되고, 하부 경추체의 전만각은 흉부의 만곡도와 보다 직접적으로 연관되어 있다고 제시한 바 있다.(13) 경추 전체 분절의 전만각은 수술 전에 비해 수술 후 감소하였다가 점차 증가하는 소견을 보였으나 통계적으로는 유의하지 않았다. 전방유합술 군에서의 전만각은 수술 후 1년째  $1.84^{\circ}$  상승하였고,  $P=0.059$  유의한 경향을 보였다. 이는 Barnowska et al가 보고한 117명의 전방 유합술 군에서 전만각의  $4.6^{\circ}$ 의 상승과 국내의 Lee et al가 33명의 전방 유합술군 환자를 대상으로 수술 후 1년째  $1.98^{\circ}$ 의 경추 전체 분절 전만각의 상승을 보고한 결과와 유사하다고 볼 수 있다.(14, 15) 후외방 유합술 군의 경우, 전체코호트에서 수술 후 1년째 유의한 전만각의 감소를 보였고 각 유합분절에 따라 군별로 평가하였을 때에도 전만각은 유의하게 감소하는 소견을 보였다. Darryl et al은 44명의 경추 척수증 환자에서 다분절 후외방 유합술을 시행하였을 때, 수술 전 경추 전체 분절 전만각이  $9.1 \pm 11.4^{\circ}$ 에서 수술 후  $7.1 \pm 11.0^{\circ}$ 으로 감소한 것을 보고한 바 있다( $P=0.454$ )(16) 본 연구에서는 전만각의 감소가  $8.52^{\circ}$ 로 타 연구에 비하여 크고, 수술 후 1년째 유의하게 감소한 것이 유지되는 양상을 보이고 있다. 이에 대해서는 후외방 유합술의 경우, 유합분절의 전만각에서도 수술 후 1년째 감소하는 소견이 보이고, 세 분절 유합, 네 분절 유합군에서는 전만각이 각각  $4.79^{\circ}$ ,  $11.18^{\circ}$  유의하게 감소하는 소견을 보였는데, 이는 경추체간 유합이 없는 후외방 유합으로 유합분절의 전만각의 회복 및 유지가 되지 않았음을 알 수 있다. 또한 Taigo et al은 상위 경추 분절 유합시, 수술 후 유합분절의 전만각 회복이 유합분절 하방분절의 전만각이 음의 비례관계가 있음을 보고하였는데(17) 유합분절의 하방분절에서 전만각의 감소가 증가하였을 가능성을 생각할 수 있다. Lind B.는 1989년 단순 방사선 사진을 이용하여 70명의 정상 경추 분절의 분절운동범위를 측정하였고, 가장 큰 굴곡과 신전의 움직임은 C45, C56 분절에서 일어난다고 이야기 하였다.(18) 본 연구에서 전방 유합술 군 중 단일 유합 분절군 내에서 C45( $n=15$ ), C56( $n=40$ ), C67( $n=15$ ) 세 군간의 수술 전 및 수술 후 3개월, 6개월, 1년째 전체 분절 전만각을 one-way ANOVA로 검정하였으며, 유합분절에 따른 전체 분절전만각의 유의한 차이는 관찰되지 않았다. 두 분절 유합군내에서 C3-5( $n=12$ ), C4-6( $n=31$ ), C5-7( $n=44$ ) 분석도 동일한 결과를 보였다.

## 경추 분절 운동범위의 변화

본 연구에서 경추 전체 분절의 운동범위는 유합 분절에 상관없이 수술 직후 급격히 감소하는 경향을 보였다. (Table 7.) 수술 후 3개월, 6개월, 1년째에는 큰

변화는 보이지 않았고, 수술 후 1년째에도 수술 전에 비해서 감소한 상태를 유지하였다. 전체 코호트에서 수술 후 1년째 운동범위의 감소는  $15.26^{\circ}$ 로, 수술 전에 비하여 유의하게 감소하였고, 이러한 감소 폭은 유합 분절에 따라 군을 분류하였을 때, 단일 분절 유합군에서 유합 분절이 증가할수록 크게 증가하였으며, 단일 분절 유합군과 네 분절 유합군을 제외하고는 통계적으로 유의하였다(Table 11.)

Landers는 경추 신경근병증으로 단 분절부터 세 분절 전방 유합술을 시행받은 환자들을 대상으로 3개월, 6개월 째 경추의 운동범위를 평가하였고, 3개월 째에는 운동범위가 수술 전에 비해 변화가 없으나, 수술 후 6개월 째에는 수술 전에 비해 유의하게 증가하는 것을 보고한 바 있으나 ( $P=0.023$ ) 본 연구에서는 수술 후 1년째 수술 전 상태에 비해서 운동범위가 감소하였다.(20)

전방 유합술 군에서는 전체 코호트의 운동범위가 수술 전에 비하여 수술 후 1년째 유의하게 감소하였고, 각 유합 분절 군 별로 나누어 평가할 때, 운동범위의 감소 정도가 단일 분절, 두 분절, 세 분절 유합군에서 각각  $6.97^{\circ}$ ,  $14.72^{\circ}$ ,  $24.92^{\circ}$ 로 감소 정도가 증가하였는데, 이는 유합분절 증가에 따른 결과로 생각된다. 굴곡과 신전의 변화로 나누어 운동범위를 평가하였을 때, 전방 유합술 군의 경우, 굴곡의 정도가 수술 후 1년 째 전체 코호트, 단일 분절, 두 분절 유합군에서 감소한 것을 확인하였으며, 신전의 각도는 감소의 폭이 크지 않았고 통계적으로 유의하지 않았다. (Table 12.) Anderst는 2013년 보고에서 경추 56번 단 분절 전방 유합술을 시행한 환자 10명과 대조군을 비교하여 수술 후 유합분절 인접분절의 운동범위의 변화를 동적인 측정방법을 이용하여 분석하였으며, 유합술을 시행받은 군에서 대조군에 비하여 인접분절의 총 운동범위가 증가하지는 않았으나, 상위 인접분절에서는 신전이 유의하게 증가하고( $p=0.011$ ) 굴곡은 유의하게 감소하였고( $p=0.019$ ), 상위 및 하위 분절 모두 후방전위가 유의하게 일어난다고 발표하였다.(21) 본 연구에서는 단 분절 유합군에서도 굴곡의 감소만이 유의하게 일어났으며, 신전의 증가는 유의하지 않았다. 따라서 본 결과를 바탕으로 보았을 때, 전방 유합술 군에서 유합술 시행 후 1년 째 운동범위의 감소는 굴곡의 감소로 인한 것이라 볼 수 있다.

경추의 각 분절은 고유의 운동범위를 가지고 있으며, 1930년대 Bakke et al에서 시작하여 1987년 Dvorak에 이르기 까지 단순 방사선 사진을 이용한 다양한 분절의 운동범위 분석이 이루어져 왔다. 그 중 C56 분절이  $20^{\circ}$  내외의 가장 큰 운동범위를 지닌 것으로 알려져 있고, C45, C67분절이  $15-20^{\circ}$ 의 범위의 분절운동범위를 보이는 것으로 알려져 있다. 단일 분절 유합군 내에서 세 군(C45, C56, C67)을 비교하였을 때, C45 유합군의 경우 수술 후 1년째 운동범위가 수술 전에 비하여  $1.63\pm 2.6^{\circ}$ ( $P=0.567$ ), C56 유합군의 경우  $6.73\pm 3.5^{\circ}$ 의 감소( $P=0.081$ )를 보였고, C67 유합군의 경우  $8.04\pm 2.6^{\circ}$ 의 감소( $P=0.083$ )를 보였다. 따라서 통계적으로 유의하지는 않으나 단일 분절에서는 C56, C67분절 유합군에서 소실되는 운동범위의 크기는 비슷한 것을 확인할 수 있었다. 두 분절 유합군에서 C4-6, C5-7 두 군을 비교하면,

C4-6에서는 수술 후 전체 운동범위가  $25.55 \pm 3.6^\circ$  유의하게 감소하였고( $P < 0.001$ ) C5-7에서는  $7.55 \pm 3.1^\circ$ 가 유의하게 감소하였다. ( $P = 0.032$ ) 따라서 유합된 분절의 고유 운동범위 만큼이 선형적으로 소실되는 양상으로는 관찰되지 않았으며, 이러한 운동범위의 감소폭의 차이는 C4-6의 수술 전 운동범위가  $50.53 \pm 18.3^\circ$ 으로 C5-7 군의 수술 전 운동범위  $37.2 \pm 14.1^\circ$ 에 비해 큰 것에 기인하였다고 생각된다.

후외방 유합술 군의 경우 수술 후 운동범위의 유의한 감소가 관찰되었고, 각 유합 분절 별로 나누어 분석하였을 때 운동범위 감소의 폭이 두 분절 유합, 세 분절 유합, 네 분절 유합군에서 각각  $18.25^\circ$ ,  $24.7^\circ$ ,  $24.5^\circ$ 로 유합군 간의 큰 차이는 보이지 않았다. 운동범위의 감소를 굴곡과 신전으로 나누어 분석하였을 때, 전체 코호트에서는 굴곡과 신전이 각각  $6.96^\circ$ ,  $14.75^\circ$  유의하게 감소하는 것을 확인할 수 있었다. ( $P = 0.003$ ,  $P < 0.001$ , Table 14.) 따라서 후외방 유합술 군 전체 코호트에서 유합술 후 수술 후 1년째 운동범위의 감소는 굴곡과 신전이 모두 유의하게 감소하여 일어난 결과임을 확인하였다. 분절의 운동범위 소실의 영향을 평가하고자 세 분절 유합군에서 C3-6, C4-7 두 군을 비교하였다. C3-6 유합군에서 수술 후 1년 째, 수술 전에 비해서  $24.77^\circ$  유의한 운동범위 감소가 있었고( $P = 0.019$ ) 이는  $21.60^\circ$ 의 유의한 신전각 감소에 기인하였다. ( $P = 0.025$ ) 반면 C4-7 유합군의 경우,  $23.54^\circ$ 의 운동범위 감소가 있었고 ( $P = 0.006$ ) 이에 대해 유의한  $9.58^\circ$ 의 굴곡각 감소,  $12.03^\circ$ 의 신전각 감소가 확인되었다. ( $P = 0.031$ ,  $P = 0.007$ ) 따라서 후외방 유합술 군의 경우 전방 유합술에 비해서 전방 유합술의 굴곡각의 유의한 감소 소견에 비하여 신전각에서도 유의한 감소가 운동범위 감소에 기여하는 것으로 생각된다.

## 유합 분절 인접분절의 운동범위 변화

경추 유합술과 관련된 인접분절의 퇴행성 변화(Adjacent Segment Disease, ASD)는 잘 알려져 있으나, 이에 대한 생역학적인 연구에서는 facet load의 증가, 분절운동의 증가, 그리고 유합분절과 인접한 추간판내의 압력의 증가 등이 인접분절의 과운동을 초래하고, 이것이 퇴행성 변화를 악화시킨다는 보고가 있다. Hilibrand et al은 전방 유합술을 시행받은 374명의 환자를 10년간 추시하여 ASD가 연간 2.9% 발생한다고 보고한 바 있다. (8-10) 이에 대해서 Roguski et al은 ASD와 관련된 예후인자로 수술 전, 수술 후 sagittal imbalance가 유합술의 임상결과의 독립적인 예후인자임을 주장하였다.(21) You et al은 수술 전 인자로 증상의 기간, C2-C7 전체분절 전만각, C2-C7 sagittal vertical axis, MRI에서의 T2 고신호 소견, VAS와 JOA를 언급하였다.(22) 유합술 후 인접분절의 운동범위 변화에 대한 연구는 Kolstad와 Reitman의 전향적 연구가 대표적이며, Reitman은 21명의 전방 유합술을 시행한 환자들을 평균 13개월 추시하여 수술 후 1년 째, 인접분절의 운동범위의 유의한 변화가 없음을 보고하였다. Kolstad는 44명의 (42 radiculopathy, 2 myelopathy)환자를 대상으로 전방 경추 유합술을 시행하였고 수술 전에 비하여 수술 후 1년째 회전성(rotational), 전위성(translational) 운동의 유의한

변화가 일어나지 않았다고 보고 하였다. 본 연구에서도 인접분절운동범위의 유의한 변화는 확인되지 않았다. Table 15.에서 두 분절 유합군 중 C4-6, C5-7의 인접분절의 운동범위 변화를 평가하였으며, C4-6 유합군에서 상위 인접분절에서는  $16.66 \pm 14.1^\circ$ 에서  $21.83 \pm 13.7^\circ$ 로 증가하였지만 통계적으로 유의하지 않았다. ( $P=0.871$ , Table 17.) 하위 인접분절인 C67의 운동범위도  $9.37 \pm 4.7^\circ$ 에서 수술 후 1년 쯤  $7.10 \pm 4.7^\circ$ 로 감소한 소견을 보였으나 통계적으로 유의하지 않았다. ( $P=0.207$ ) 각 분절의 운동범위를 굴절각과 신전각으로 나누어 분석하였을 때, 굴절각, 신전각 모두 유의한 변화를 보이지 않았다. C4-6 유합군에서 경추 전체 분절의 운동범위, 굴곡, 신전 모두 수술 전에 비하여 유의하게 감소한 것을 감안하였을 때, 이러한 운동범위 및 굴곡, 신전의 감소는 경추 분절 중 운동범위가 가장 큰 C45, C56 분절의 유합으로 인한 운동범위 소실에 기인하며, 인접분절의 운동범위 변화는 유의하지 않음을 확인할 수 있었다. C 5-7 유합군에서는 상위 인접 분절인 C45에서 수술 전  $15.00 \pm 9.2^\circ$ 에서 수술 후  $15.6 \pm 7.3^\circ$ 으로 변화가 없었고, 통계적으로도 유의하지 않았다. ( $P=0.929$ ) 이 분절에서의 굴곡은  $-1.63 \pm 8.5^\circ$ 에서  $3.66 \pm 4.7^\circ$ 로 비교적 유의하게 감소하는 경향을 보였고( $P=0.051$ ) 신전도  $4.37 \pm 7.0^\circ$ 에서  $19.26 \pm 2.8^\circ$ 로 상승하는 소견을 보였으나( $P=0.097$ ) 운동범위의 유의한 변화는 보이지 않았다. 따라서 전방 유합군 두 분절 유합군에서 유합분절 인접 분절의 수술 후 1년 쯤 유의한 운동범위 변화는 나타나지 않았으며, 이는 앞에서 언급한 두 연구와 동일한 결과라 할 수 있다.

본 연구의 제한점으로는 첫째, 측정방법의 한계로 인하여 회전과 전위로 이루어지는 경추의 모든 운동을 포괄적으로 측정하는데 한계가 있었다. 운동범위에는 시상면의 굴곡/신전 외에도 회전, 측부굴곡 등의 운동이 있으나 단순 방사선 사진에서 Cobb's angle을 이용하여 굴곡/신전에 국한된 정적인 운동범위만을 평가하였다. 둘째 측정 오차의 문제가 있다. Bakke 측정 방식의 문제점, 즉, 척추체의 연골판이 직선이지 않은 점으로 인한 측정오차의 문제가 있을 수 있었으며, 이를 시상면 전후 끝의 점을 잇는 연장선으로 하여 일관된 방식으로 측정하여 오차를 줄이고자 하였다. 마지막으로 후향적 코호트 연구에서 발생할 수 있는 선택 비뚤림, 교란 등의 가능성을 배제할 수 없다.

## 결 론

경추 유합술을 시행받은 272명의 환자군에서 전체 경추의 전만각은 수술 후 1년째 유의한 변화를 보이지 않았다. 후외방 유합술 군에서는 유의한 전만각의 감소를 보였다. 전체 경추의 운동범위는 수술 후 1년째 유의하게 감소하였다. 전방 유합술 군과 후외방 유합술 군 모두 운동범위의 감소를 확인하였다. 전방 유합술 군 두 분절 유합군에서 유합분절의 인접분절 중 상위 인접분절의 운동범위는 수술 후 1년 쯤 유의한 변화가 없었다.

## 참고문헌

1. Ella B. Sara S. Lisa R.Z. Michalle S., Foramen magnum orientation and its association with cervical lordosis: a model for reconstructing cervical curvature in archeological and extinct hominin specimens. *Advances Anthropol.* 2014;4:133-40.
2. Knott PT. Mardjetko SM. Tschy F., The use of the T1 sagittal angle in predicting overall sagittal balance of the spine. *Spine J* 2010;10:994-8
3. Penning L. Normal movements of the cervical spine. *AJR Am J Roentgenol.* 1978;130(2):317-26.
4. Dvorak J. Panjabi M. Gerber M. Wichmann W., CT-functional diagnostics of the rotatory instability of upper cervical spine. 1. An experimental study on cadavers. *Spine (Phila Pa 1976).* 1987;12(3):197-205.
5. Bakke S: Röntgenologische Beobachtungen Über die Bewegungen der Halswirbelsäule. *Acta Radiol[Suppl](Stockh)* 13:00-00, 1931
6. Park HJ, Jeon JS, Lee PE, Range of motion of cervical spine in normal korean people, *Journal of Korean Spine Surg.* Vol. 11, No2. pp83-89, 2004
7. Yasutsugu Y. Kato F. Suda K. Yamagata M. Ueta T., Age-related changes in osseous anatomy, alignment, and range of motion of the cervical spine. Part 1: Radiographic data from over 1200 asymptomatic subjects. *Eur Spine J* (2012) 21: 1492-1498
8. Bushell GR. Ghosh DP. Taylor TK. Sutherland JM. Braund KG., The effect of spinal fusion on the collagen and proteoglycans of the canine intervertebral disc. *J Surg Res* 1978 25:61-69
9. Weinholder SL. Guyer RD. Herbert M. Griffith SL., Intradiscal pressure measurements above an instrumented fusion. A cadaveric study. *Spine* 1995, 20:519-528
10. Hillbrand AS. Carlson GD. Palumbo MA. Jones PK. Bohlman HH., Radiculopathy and myelopathy at segments adjacent to the site of a previous anterior cervical arthrodesis. *J Bone Joint Surg Am* 81:519-528
11. Frobin W. Leivseth G. Biggemann M. Brinckmann P., Sagittal plane segmental motion of the cervical spine. A new precision measurement protocol and normal motion data of healthy adults. *Clinical Biomechanics* 17 (2002) 21-31
12. Abelin-Genevois K. Idjerouidene A., Roussouly P. Vital JM. Garin C.,

- Cervical spine alignment in the pediatric population: a radiographic normative study of 150 asymptomatic patients. *Eur Spine J* 2014;23:1442-8
13. Ella Been. Sara S. Michalle S., Cervical lordosis: The effect of age and gender. *The Spine Journal* 17(2017) 880-888
  14. Baranowska A. Baranowski P., Assessment of cervical lordosis in patients after discectomy and cervical fusion with cages *Chir Narzadow Ruchu Orthop Pol.* 2007 Mar-Apr; 72(2) 89-93
  15. Lee JY. Lee SH., Loss of lordosis and clinical outcomes after anterior cervical fusion with dynamic rotational plates. *Yonsei Med J* 54(3):726-731, 2013
  16. Lau D. Winkler EA. Than KD. Chou D. Mummaneni PV., Laminoplasty versus laminectomy with posterior spinal fusion for multilevel cervical spondylotic myelopathy: influence of cervical alignment on outcomes. *J Neurosurg Spine* 27:508-517, 2017
  17. Inada T. Furuya T. Kamiya K. Ota M. Maki S. Suzuki T. Takahashi K. Yamazaki M. Aramomi M. Mannoji C. Koda M., Postoperative increase in occiput-C2 angle negatively impacts subaxial lordosis after occipito-upper cervical posterior fusion surgery. *Asian Spine J* 2016;10(4):744-747
  18. Lind B. Sihlbom H. Nordwall A. Malshau H. Normal range of motion of the cervical spine. *Arch Phys Med Rehabil.* 1989 Sep; 70(9):692-5
  19. Landers M. Addis KA. Longhurst JK. Vom Steeg BL. Puenteadura EJ. Daubs, Anterior cervical decompression and fusion on neck range of motion, pain, and function: a prospective analysis. *The Spine Journal* , Volume 13 , Issue 11 , 1650 - 1658
  20. Anderst WJ. West T. Donaldson WF. Lee JY. Kang JD. Longitudinal study of Six-Degrees-of-Freedom Cervical Spine Range of Motion During Dynamic Flexion-Extension After Single-Level Anterior Arthrodesis. *J Bone Joint Surg Am.* 2013;95:497-506
  21. Roguski M. Benzel EC. Curran JN. Magge SN. Bisson EF. Krishnaney AA. Steinmetz MP. Butler WE. Heary RF. Ghogawala Z., Postoperative cervical sagittal imbalance negatively affects outcomes after surgery for cervical spondylotic myelopathy. *Spine(Phila Pa 1976)* 2014;39:2070-7
  22. You, J. Tang, X. Gao, W. Shen, Y. Ding, W.Y. Ren B. Factors predicting adjacent segment disease after anterior cervical discectomy and fusion treating cervical spondylotic myelopathy: A retrospective study with 5-year follow-up, *Medicine*, 2018, Vol 97, Issue 43, e12893

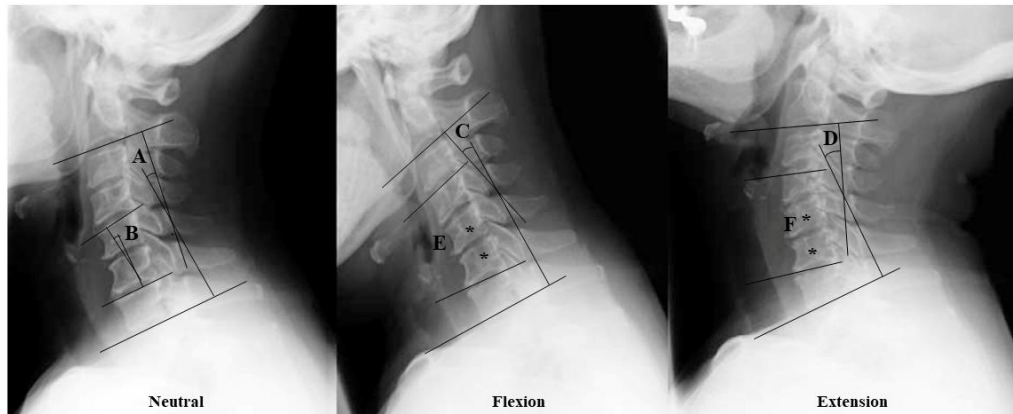


Fig 1. Radiographic measurements.

A: Cervical lordosis was measured in neutral position between C2 lower end plate and C7 lower endplate using Cobb's angle.

B: Segmental angle was measured between upper endplate of cranial vertebral body and lower endplate of caudal vertebral endplate at operated segment

C: Cervical lordosis at flexion, D: Cervical lordosis at extension

F-E: Upper segment ROM (between endplate of upper segment and lower endplate of fusion segment)

\* Fusion segment

Table1. Patient demographics and clinicopathologic characteristics

	n=272
Age at surgery (years), median	59.5 (28-84)
Sex	
Male	187 (68.8)
Female	85 (31.3)
Diagnosis	
Myelopathy	142 (52.2)
Foraminal stenosis	10 (3.7)
HIVD	108 (39.7)
Fracture	10 (3.7)
others	2 (0.7)
Type of surgery	
ACDF	192 (70.6)
PLF	80 (29.4)
Fusion level	
1 level	91 (33.5)
2 levels	115 (42.3)
3 levels	45 (16.5)
4 levels	15 (5.5)
5 levels	4 (1.5)
others	2 (0.7)
Fusion Segments	
C34	11 (4.0)
C45	16 (5.9)
C56	40 (14.7)
C67	16 (5.9)
C7T1	4 (1.5)
C2-4	3 (1.1)
C3-5	22 (8.1)
C4-6	41 (15.1)
C5-7	47 (17.3)
C6-T1	1 (0.4)
C3-6	19 (7.0)
C4-7	24 (8.8)
C3-7	15 (5.5)



C3-T1	4 (1.5)
Others	8 (2.9)
Fusion at 1 year follow-up	
Fused	107 (39.3)
Pseudoarthrosis	8 (2.9)

---

Data are expressed as n(%) unless otherwise specified.

HIVD, Herniated InterVertebral Disc ACDF, Anterior Cervical Discectomy and Fusion  
 PLF, PosteroLateral Fusion

Table 2. A) Total lordosis and B) fusion level lordosis according to the fusion procedure

A	Total lordosis	Preoperative	Immediate postoperative	3 months	6 months	1 year
	Entire cohort	9.18±10.3	6.59±10.3*	7.89±10.3	8.74±10.4	8.21±10.3
	1 level fusion	9.25±10.3	10.24±8.1	9.88±9.2	10.12±8.5	9.7±7.5
	2 level fusion	8.04±9.8	3.63±10.5*	7.95±10.3	7.03±10.4	8.89±10.5
	3 level fusion	10.02±11.7	6.65±12.7	6.02±12.5*	12.75±13.9	6.28±13.5*
	4 level fusion	13.63±9.9	6.9±5.1	2.23±8.4	3.85±8.3*	1.24±8.5

Data are expressed as n±standard deviation (degrees) unless otherwise specified.

\* means P<0.005

B	Fusion level lordosis	Preoperative	Immediate postoperative	3 months	6 months	1 year
	Entire cohort	1.68±8.8	1.25±8.0	-0.19±7.8*	2.82±7.6	0.34±8.2
	1 level fusion	-0.9±6.9	1.75±6.5*	-0.86±6.1	1.59±5.8	0.02±6.2
	2 level fusion	1.31±8.3	0.79±7.6	0.36±8.0	2.78±7.1	1.66±8.8
	3 level fusion	4.04±10.7	1.06±11.4	-0.31±10.4*	7.01±12.0	-1.33±10.2*
	4 level fusion	9.26±8.8	1.41±6.8*	-0.2±7.8*	-0.275±5.1*	-2.73±6.0*

Data are expressed as n±standard deviation (degrees) unless otherwise specified.

\* means P<0.005

Table 3. Change of A) Total lordosis and B) Fusion level lordosis preoperative and 12-month postoperative

A	Total lordosis	n	Mean decrease from preop.	95% CI	P (paired)
	Entire cohort	111	0.86	-1.03, 2.75	0.369
	1 level fusion	34	-1.39	-4.29, 1.51	0.337
	2 level fusion	48	-0.17	-2.79, 2.45	0.896
	3 level fusion	23	3.11	-1.85, 8.08	0.208

CI, confidence interval

B	Fusion level lordosis	n	Mean decrease from preop.	95% CI	P (paired)
	Entire cohort	129	0.87	-0.79, 2.54	0.301
	1 level fusion	40	-1.28	-4.12, 1.54	0.364
	2 level fusion	42	-0.01	-2.68, 2.66	0.994
	3 level fusion	25	3.91	0.99, 6.84	0.011

CI, confidence interval

Table 4. Total lordosis and fusion level lordosis of A) ACDF and B) PLF according to the fusion

A) ACDF	Total lordosis	Preoperative	Immediate postoperative	3 months	6 months	1 year
	Entire cohort	8.58±10.1	7.92±9.6	9.26±9.9	10.1±9.6	10.9±9.0
	1 level	8.89±10.3	9.94±7.9	9.72±9.0	10.27±8.6	9.84±7.5
	2 levels	7.58±10.3	4.71±9.7	7.98±10.4	8.73±9.9	10.84±9.6
	3 levels	12.04±8.8	14.11±11.3	13.54±11.1	18.05±9.7	14.57±10.9
	Fusion level lordosis	Preoperative	Immediate postoperative	3 months	6 months	1 year
	Entire cohort	0.74±7.8	1.97±7.5*	0.63±7.7	3.59±6.5*	0.94±7.2
	1 level	-0.52±6.8	2.04±6.4*	-0.43±5.8	1.88±5.6	-0.25±6.2
	2 levels	0.84±8.3	1.35±7.1	0.71±8.3	4.01±6.5	1.73±6.7
	3 levels	4.85±8.2	4.46±12.0	4.73±10.5	9.57±8.1	1.92±11.0
Data are expressed as n±standard deviation (degrees) unless otherwise specified.						
B) PLF	Total lordosis	Preoperative	Immediate postoperative	3 months	6 months	1 year
	Entire cohort	10.78±10.6	2.25±11.1*	3.91±10.6*	3.25±11.7*	0.32±10.0*
	1 level	15.87±9.0	26.3	14.15±17.7	5.3	7±8.9
	2 levels	10.04±6.9	-1.84±2.8*	7.82±10.4	-0.51±9.6*	1.6±11.3*
	3 levels	8.6±13.4	0.11±10.2*	0.13±10.3*	7.45±16.1	-2.76±10.0*
	4 levels	13.63±9.9	6.9±5.1*	2.23±8.4	3.85±8.3*	1.24±8.5
	Fusion level lordosis	Preoperative	Immediate postoperative	3 months	6 months	1 year
	Entire cohort	4.08±10.6	-0.79±9.2*	-2.42±8.0*	0.04±10.3	-1.30±10.6
	1 level	-8.4±2.8	-3.97±7.9*	-12.75±1.2	-9.8	3.93±6.8
	2 levels	3.03±8.7	-1.42±9.1*	-0.76±7.2	-1.38±8.0	1.44±14.1
	3 levels	3.43±12.4	-1.62±10.5*	-4.67±8.5*	4.08±15.5	-4.86±8.4*
	4 levels	9.26±8.8	1.41±6.8*	-0.2±7.8*	-0.27±5.1*	-2.73±6.0*
Data are expressed as n±standard deviation (degrees) unless otherwise specified.						

Table 5. Change of A) Total lordosis and B) Fusion level lordosis preoperative and 12-month postoperative in ACDF

A	Total lordosis	n	Mean decrease from preop.	95% CI	P (paired)
	Entire cohort	82	-1.84	-3.76, 0.72	0.059
	1 level fusion	32	-1.74	-4.79, 1.30	0.252
	2 level fusion	38	-1.86	-4.75, 1.02	0.199
	3 level fusion	12	-2.06	-8.44, 4.31	0.49

CI, confidence interval

B	Fusion level lordosis	n	Mean decrease from preop.	95% CI	P (paired)
	Entire cohort	94	0.36	-1.35, 2.07	0.677
	1 level fusion	37	-0.39	-3.16, 2.37	0.776
	2 level fusion	44	0.18	-2.49, 2.86	0.89
	3 level fusion	13	3.1	-1.16, 7.37	0.139

CI, confidence interval

Table 6. Change of A) Total lordosis and B) Fusion level lordosis preoperative and 12-month postoperative in PLF

A	Total lordosis	n	Mean decrease from preop.	95% CI	P (paired)
	Entire cohort	29	8.52	4.79, 12.25	< 0.001*
	2 level fusion	10	6.27	1.24, 11.29	0.02*
	3 level fusion	11	8.76	1.63, 15.89	0.021*
	4 level fusion	6	13.28	-0.69, 27.25	0.058

CI, confidence interval

B	Fusion level lordosis	n	Mean decrease from preop.	95% CI	P (paired)
	Entire cohort	35	2.25	-1.9, 6.46	0.283
	2 level fusion	14	-0.61	-8.72, 7.48	0.872
	3 level fusion	12	4.79	0.14, 9.43	0.044*
	4 level fusion	6	11.18	1.22, 21.1	0.034*

CI, confidence interval

Table 7. Range of motion of total segment(C2-C7) according to the fusion procedure

	Preoperative	3 months	6 months	1 year
Entire cohort	40.07±16.7	23.71±13.1*	27.03±13.1*	25.48±13.0*
1 level fusion	39.88±17.0	29.32±14.2*	29.06±12.6*	32.1±12.6*
2 level fusion	42.37±15.7	24.45±11.7*	28.79±12.3*	24.70±10.9*
3 level fusion	37.47±19.7	17.41±10.2*	21.34±10.9	17.47±10.4*
4 level fusion	32.76±12.8	10.06±6.8*	3.60±13.9*	10.82±10.1*

Data are expressed as n±standard deviation (degrees) unless otherwise specified.

\* means P<0.005

Table 8. Range of motion of total segment(C2-C7) according to the fusion procedure in A) ACDF and B) PLF

A) ACDF

	Preoperative	3 months	6 months	1 year
Entire cohort	40.32±17.9	26.70±12.6*	29.6±11.4*	29.32±12.0*
1 level	39.54±17.0	29.94±13.7*	29.23±12.8*	32.89±12.1*
2 levels	42.38±15.6	25.34±11.3*	30.26±10.6*	26.53±10.6*
3 levels	33.15±29.5	21.60±11.0	28.55±9.9	18.30±10.5

Data are expressed as n±standard deviation (degrees) unless otherwise specified.

\* means P<0.005

B) PLF

	Preoperative	3 months	6 months	1 year
Entire cohort	39.39±13.0	14.88±10.6*	16.07±14.3*	16.47±10.8*
2 levels	42.33±16.8	20.80±13.0*	22.17±17.8*	19.39±10.4*
3 levels	40.35±8.8	13.82±8.4*	12.93±3.5*	17.15±10.9*
4 levels	32.76±12.8	10.06±6.8*	3.60±13.1*	10.82±10.1*

Data are expressed as n±standard deviation (degrees) unless otherwise specified.

\* means P<0.005

Table 9. Change of ROM and flexion/extension lordosis in adjacent segments preoperative and 12-month postoperative

	n	Mean decrease from preop.	95% CI	P (paired)
Entire cohort	80	15.26	11.91, 18.61	< 0.001
1 level fusion	29	8.48	3.20, 13.76	0.003
2 level fusion	31	15.52	10.63, 20.40	< 0.001
3 level fusion	14	24.76	16.15, 33.36	< 0.001
4 level fusion	6	24.5	8.28, 40.71	0.012

CI, confidence interval

Table 10. Change of Total range of motion (C2-C7) preoperative and 12-month postoperative in ACDF

	n	Mean decrease from preop.	95% CI	P (paired)
Entire cohort	56	11.58	7.77, 15.38	< 0.001
1 level fusion	28	6.97	2.53, 11.42	0.003
2 level fusion	24	14.72	9.20, 20.24	< 0.001
3 level fusion	4	24.92	-17.30, 67.15	0.157

CI, confidence interval

Table 11. Change of Total range of motion (C2-C7) preoperative and 12-month postoperative in PLF

	n	Mean decrease from preop.	95% CI	P (paired)
Entire cohort	24	23.85	18.1, -29.58	< 0.001
2 level fusion	7	18.25	4.52, 31.99	0.017
3 level fusion	10	24.7	18.06, 31.33	< 0.001
4 level fusion	6	24.5	8.28, 40.71	0.012

CI, confidence interval

Table 12. Change of total lordosis in A) flexion and B) extension preoperative and 12-month postoperative

A) Flexion	n	Mean decrease from preop.	95% CI	P (paired)
Entire cohort	88	-8.84	-11.24, -6.44	< 0.001
1 level fusion	25	-5.64	-10.2, -1.07	0.018
2 level fusion	36	-12.06	-15.38, -8.74	< 0.001
3 level fusion	11	-5.98	-12.06, 0.09	0.053
4 level fusion	6	-2.33	-9.66, 4.99	0.45

CI, confidence interval

B) Extension	n	Mean decrease from preop.	95% CI	P (paired)
Entire cohort	95	4.62	2.20, 7.64	0.001
1 level fusion	29	1.28	-2.36, 4.94	0.475
2 level fusion	40	3.94	0.22, 7.65	0.038
3 level fusion	10	15.91	10.49, 21.32	< 0.001
4 level fusion	6	22.16	2.58, 41.74	0.033

CI, confidence interval

Table 13. Change of total lordosis in A) flexion and B) extension preoperative and 12-month postoperative in ACDF

A) Flexion	n	Mean decrease from preop.	95% CI	P (paired)
Entire cohort	63	-9.59	-12.52, -6.65	< 0.001
1 level fusion	25	-5.64	-10.2, -1.079	0.018
2 level fusion	28	-12.14	-15.59, -8.69	< 0.001
3 level fusion	10	-12.32	-24.71, 0.71	0.051

CI, confidence interval

B) Extension	n	Mean decrease from preop.	95% CI	P (paired)
Entire cohort	70	1.41	-1.35, 4.17	0.312
1 level fusion	28	0.45	-2.89, 3.80	0.783
2 level fusion	32	3.94	-0.92, 7.53	0.121
3 level fusion	10	-1.96	-14.46, 10.54	0.731

CI, confidence interval

Table 14. Change of total lordosis in A) flexion and B) extension preoperative and 12-month postoperative in PLF

A) Flexion	n	Mean decrease from preop.	95% CI	P (paired)
Entire cohort	25	-6.96	-11.28, -2.65	0.003
2 level fusion	8	-11.80	-22.90, -0.69	0.04
3 level fusion	10	-12.32	-24.71, 0.71	0.051
4 level fusion	6	-2.33	-9.66, 4.99	0.45

CI, confidence interval

B) Extension	n	Mean decrease from preop.	95% CI	P (paired)
Entire cohort	25	14.75	9.30, 20.19	< 0.001
2 level fusion	8	6.5	-3.15, 16.15	0.155
3 level fusion	10	-1.96	-14.46, 10.54	0.731
4 level fusion	6	22.16	2.58, 41.74	0.033

CI, confidence interval

Table 15. Analysis of adjacent segment range of motion preoperative and 12-month postoperative in ACDF

Fusion level			preop	1 year	P (paired)	
2 levels	Total segment (C2-C7)	Lordosis	9.78±10.3	9.51±11.0	0.902	
		Flexion	-22.22±9.0	-10.25±10.7	0.002	
		Extension	26.97±10.5	15.71±16.9	0.016	
		ROM	50.53±18.3	24.98±13.7	<0.001	
	C456 (n=31)	Flexion	-6.90±5.1	-7.66±3.2	0.076	
		C34	Extension	8.43±4.6	9.96±1.2	0.583
			ROM	16.66±6.7	21.83±4.8	0.871
		C67	Flexion	-3.38±3.7	-2.11±5.0	0.348
	Extension		6.41±5.3	4.72±5.1	0.525	
	ROM		9.37±4.7	7.10±4.7	0.207	
	C567 (n=44)		Total segment (C2-C7)	Lordosis	8.80±11.6	11.48±9.6
		Flexion		-20.92±11.3	-8.97±8.7	0.002
Extension		20.15±15.7		22.44±10.8	0.368	
ROM		37.20±14.1		29.6±10.3	0.032	
C45		Flexion	-1.63±8.5	3.66±4.7	0.051	
		Extension	4.37±7.0	19.26±2.8	0.097	
		ROM	15.00±9.2	15.60±7.3	0.929	



Data are expressed as n±standard deviation (degrees) unless otherwise specified.

ROM, range of motion

Table 16. Analysis of adjacent segment range of motion preoperative and 12-month postoperative in PLF

Fusion level			preop	1 year	P (paired)	
3 level	C3456 (n=11)	Lordosis	7.23±13.7	-4.10±6.4	0.053	
		Total segment (C2-C7)	Flexion	-14.77±15.6	-14.72±12.2	0.992
			Extension	14.83±3.9	-6.76±4.8	0.025*
			ROM	34.42±9.1	9.65±7.9	0.019
			Flexion	0.50±6.4	-5.26±2.9	0.396
		C67	Extension	8.33±3.9	4.03±4.3	0.004*
			ROM	7.83±9.5	9.30±4.3	0.812
			C4567 (n=16)	Lordosis	4.67±5.4	-1.85±9.9
	Total segment (C2-C7)	Flexion		-23.86±8.3	-14.28±9.5	0.187
		Extension		22.5±11.4	10.53±6.63	0.028*
		ROM		49.28±5.4	25.74±5.5	0.275
		Flexion		-1.27±9.4	1.97±15.4	0.63
	C34	Extension		2.84±2.8	3.25±16.4	0.948
		ROM	6.50±4.9	0.57±2.3	0.072	

Data are expressed as n±standard deviation (degrees) unless otherwise specified.

ROM, range of motion, \* means P<0.005

Table 17. Change of clinical scores of each segment according to the fusion procedure

			Preoperative	3 months	6 months	1 year
1 level	C34 (n=11)	JOA	12.39	12.83	12.93	14.75
		NDI	18.13	18.33	14.5	10.5
		SF-36	21	20.33	17.43	14
	C45 (n=16)	JOA	13.61	14.85	14.28	14.6
		NDI	19.33	12.63	13.43	11.56
		SF-36	22.29	16.9	14.11	14.7
	C56 (n=40)	JOA	13.45	15.47	15.63	16.11
		NDI	19.04	11	7.93	6.83
		SF-36	21.76	14.06	10.67	9.29
	C67 (n=16)	JOA	14.25	15.36	13.83	15.13
		NDI	20.55	13.7	13.2	11.75
		SF-36	23.75	16.45	15.33	12.25
2 levels	C234 (n=3)	JOA	10	14.5	14.5	14.5
		NDI	26	12	12	12
		SF-36	25.67	21	16	21
	C345 (n=22)	JOA	10.79	12.25	13.25	14.13
		NDI	19.4	17.44	15.5	12
		SF-36	23.25	21.5	18.63	15.25
	C456 (n=41)	JOA	13.16	14.57	14.38	14.21
		NDI	17.26	12.19	11.42	10.1
		SF-36	20.11	15	15.21	13.05
	C567 (n=47)	JOA	13.54	14.61	15	15.1
		NDI	18.16	12.23	12.44	11.17
		SF-36	22.98	17.36	16.2	14.8
3 levels	C3456 (n=19)	JOA	12.62	15.61	15.94	15.6
		NDI	18.33	8.13	9.43	8
		SF-36	19.85	10.89	10.75	8.4
	C4567 (n=24)	JOA	12.38	13.31	13.36	14.09
		NDI	20.45	14.08	12.91	12
		SF-36	23.43	17.69	17.82	17.42

4 levels	C34567 (n=15)	JOA	11	12.67	13.17	14.75
		NDI	19.25	17.33	16.33	9.5
		SF-36	26	23.67	21	18.5

---

JOA, Japanese Orthopedic Association Score

NDI, Neck Disability Index      SF-36, Short Form 36

## 외국어초록(Abstract)

### Analysis of Change in Lordosis and Range of Motion after Fusion in Cervical Spine

Yongsung Kim

Department of Clinical Medical Science

Seoul National University

#### Background

The changes in the range of motion in each segment of the spine reflects the condition of the cervical spine. The motion of the cervical vertebrae is measured using simple radiography. However, there are few studies regarding changes in lordosis and range of motion in each segment of the cervical vertebrae, and few studies have analyzed the link between these changes and the patient's symptoms and prognosis. In this study, we sought to assess the change of lordosis and range of motion in each segment before and after cervical fusion. We also reviewed the change in clinical scores which are JOA, NDI, and SF-36 of the cohort.

#### Methods

272 patients who underwent cervical fusion from 2004 to 2017 were reviewed retrospectively. The lordosis, range of motion of cervical spine were measured with simple radiography. The angle between upper end plate of the upper vertebra and lower endplate of the lower vertebra was measured to be the lordosis. The range of motion of the segment was measured by subtraction of lordosis angle between flexion and extension radiography. Preoperative, immediate postoperative, 3 months-, 6 months-, and 1 year- postoperative simple radiographies were assessed and the interspinous process distance of the fusion segment and CT were assessed at 1 year-postoperative to confirm fusion status. Japanese Orthopedic Association score (JOA), Neck Disability Index (NDI), and SF-36 were used to assess clinical outcome.

## Results

The total segment lordosis (C2–C7) of entire cohort increased from preoperative to 12 months postoperative without statistical significance. Anterior Cervical Discectomy and Fusion (ACDF) showed insignificant increase of total segment lordosis while sub group and Posterolateral fusion (PLF) subgroups showed decrease of lordosis with statistical significance. The fusion level lordosis of entire cohort showed minimal decrease 12 months postoperative without statistical significance. The range of motion (ROM) calculated with flexion/extension of entire cohort stayed decreased from 3 months postoperative to 12 months. ACDF subgroup and PLF subgroup both showed significant decrease of total segment ROM 12 months postoperatively. The change of ROM in adjacent segment was not statistically significant when assessed 12 months postoperatively.

## Conclusion

The total segment lordosis showed no significant change 1 year postoperatively. PLF group showed statistically significant decrease of lordosis. The ROM decreased in entire cohort and both ACDF and PLF subgroups. The adjacent segment did not show statistically significant change of ROM in 2 level fusion ACDF subgroup.

.....

**Keywords:** Cervical spine, Range of motion, fusion

**Student Number** : 2015-22242